

# Сигналы спутниковой радионавигационной системы Галилео

**Евгений Калугин (Калужская обл.)**

**В статье приведены основные параметры орбиты опытного спутника навигационной системы Галилео, а также описаны способы формирования сигналов в этой системе.**

В 2002 г. страны Европейского сообщества образовали консорциум для создания собственной глобальной навигационной системы [1]. Основная цель консорциума – обеспечить доступ гражданских пользователей к высокоточным и надёжным данным о собственном местоположении из независимых источников. (Существующие системы GPS в США и ГЛОНАСС в России контролируются военными ведомствами этих стран, и доступ к данным может быть прекращён по решению соответствующих министерств обороны.) Предполагается, что создаваемая система обеспечит более широкое обслуживание и обеспечит пользователей более точными навигационными данными по сравнению с системами GPS и ГЛОНАСС. Для управления разра-

боткой и развёртыванием программы создано совместное предприятие Галилео. Его учредителями являются Европейское Сообщество и Европейское космическое агентство. О своём желании участвовать в программе заявили и другие страны (Южная Корея, Израиль, Канада и т.д.).

Консорциум создал специальную группу для разработки сигналов новой системы. Основные результаты работы этой группы приведены в [2] и на интернет-странице [http://europa.eu.int/comm/dgs/energy\\_transport/galileo](http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo). В частности, система должна состоять из 30 искусственных спутников Земли (ИСЗ) – 27 работающих и трёх запасных. Все ИСЗ будут расположены на трёх геостационарных орбитах на высоте 29601,297 км (большая полуось).

Выбранное размещение спутников позволит получать надёжные навигационные данные во всех районах земного шара, расположенных между 75-градусными широтами южного и северного полушарий.

Для исследования оптимальности инженерных решений, заложенных при разработке системы, 12 января 2006 г. на орбиту был выведен первый экспериментальный спутник GIOVE-A (Galileo in orbit validation element). Основные параметры его орбиты: высота над поверхностью Земли 23 257 км, наклонение орбиты 56°, узел прямого восхождения 186°, аргумент перигея 317°.

Спутник начал передавать навигационные сигналы 28 августа 2006 г. С его помощью предполагается исследовать возможность использования частот, выделенных международным союзом телекоммуникаций для системы Галилео, проверить работоспособность наиболее ответственных узлов аппаратуры ИСЗ (атомные часы, задающий генератор и генератор навигационных сигналов), исследовать характеристики сигналов системы Галилео, в том числе их устойчивость к различным помехам, и определить оптимальные схемы построения приёмных устройств системы. Кроме того, предполагается исследовать радиационную обстановку на орбите расположения спутников системы.

Спутник GIOVE-A может передавать сигналы или в диапазонах E1 + E5, или в диапазонах E1 + E6. При передаче используется правосторонняя круговая поляризация. Сведения о том, в каких диапазонах работает спутник, в настоящее время публикуются на интернет-странице [www.giove.esa.int](http://www.giove.esa.int).

В начале 2008 г. должен быть запущен спутник GIOVE-B, который будет способен передавать сигналы в диапазонах E1 + E5 + E6.

Для формирования сигналов системы используются три диапазона частот (E5 – несущая частота 1191,795 МГц, E6 – несущая частота 1278,750 МГц, E1 – несущая частота 1575,420 МГц), десять дальномерных кодов (см. таблицу) и три схемы модуляции [3].

Первая схема модуляции – это четырёхпозиционная фазовая модуляция сигнала (QPSK), она используется для передачи сигналов системы E6b и E6c.

Вторая схема модуляции – это двухпозиционная фазовая модуляция со

**Характеристики схемы формирования кодов системы Галилео**

Название кода системы Галилео	Номера ячеек регистра сдвига, используемых в цепи обратной связи	Длина регистра сдвига	Исходное состояние регистра (hex)
E5aI	Регистр 1	1, 6, 8, 14	3FFF
	Регистр 2	4,5,7,8,12,14	3ABF
E5aQ	Регистр 1	1, 6, 8, 14	3FFF
	Регистр 2	4,5,7,8,12,14	1B2A
E5bI	Регистр 1	4, 11, 13, 14	3FFF
	Регистр 2	2, 5, 8, 9, 12, 14	38A2
E5bQ	Регистр 1	4, 11, 13, 14	3FFF
	Регистр 2	2, 5, 8, 9, 12, 14	3004
E6a	Регистр 1	3, 25	1FF FFFF
	Регистр 2	2,3,4,6, 8, 9, 11, 25	100 0000
E6b	Регистр 1	5, 8, 10, 13	1FFF
	Регистр 2	1, 11, 12, 13	AEO
E6c	Регистр 1	1, 6, 11, 14	3FFF
	Регистр 2	2, 3, 4, 7, 8, 14	1A1D
E1a	Регистр 1	3, 5, 20, 25	1FF FFFF
	Регистр 2	1, 2, 3, 5, 11, 16, 20, 25	100 0000
E1b	Регистр 1	4, 5, 7, 9, 10, 13	1FFF
	Регистр 2	5, 6, 7, 8, 12, 13	1B83
E1c	Регистр 1	1, 3, 4, 13	1FFF
	Регистр 2	4, 5, 7, 9, 10, 13	1983

сдвигом несущей (ВОС). В этом случае сформированным дальномерным кодом модулируется поднесущая частота, а затем полученным сигналом модулируется несущая частота. В результате спектр выходного сигнала делится на две части: верхнюю боковую и нижнюю боковую полосы передачи. Несущие частоты верхней и нижней боковых полос отстоят от значения немодулированной несущей на величину используемой поднесущей частоты. Ширина верхней и нижней боковой полосы передачи (по первым нулям спектра) равна удвоенной тактовой частоте кода. В системе Галилео для сигнала E1a используется поднесущая 15,345 МГц, для сигналов E1b, E1c – поднесущая 1,023 МГц, для сигнала E6a – поднесущая 10,23 МГц.

Третья схема модуляции – это двухпозиционная фазовая модуляция со сдвигом несущей и подавлением второй боковой полосы передачи (AltВОС). В этом случае сигнал формируется аналогично сигналу с модуляцией ВОС, однако при передаче сигнала используются не обе боковые полосы, а только верхняя или нижняя, а вторая боковая полоса подавляется. В частности, коды E5aI и E5aQ передаются в диапазоне частот нижней боковой полосы (с подавленной верхней полосой передачи), а коды E5bI и E5bQ – в диапазоне частот верхней боковой полосы (с подавленной нижней полосой передачи). При формировании этих сигналов используется поднесущая частота 15,345 МГц. В результате коды E5aI, E5aQ передаются на несущей частоте 1176,450 МГц, а коды E5bI, E5bQ – на несущей частоте 1207,140 МГц.

Все дальномерные коды системы формируются по единой схеме, приведённой на рисунке. Для получения любого кода системы выполняется суммирование (с помощью операции «исключающее ИЛИ») первого кода, сформированного регистрами сдвига, и второго кода – последовательности нулей и единиц, заранее занесённой в память. Для формирования первого кода используется два регистра сдвига, выходы которых суммируются с использованием операции «исключающее ИЛИ». Для получения кодов E6b, E1b и E1c используются 13-разрядные регистры сдвига, для получения кодов E5, E6c – 14-разрядные регистры сдвига, для получения кодов E1a, E6a – 25-разрядные регистры сдвига.

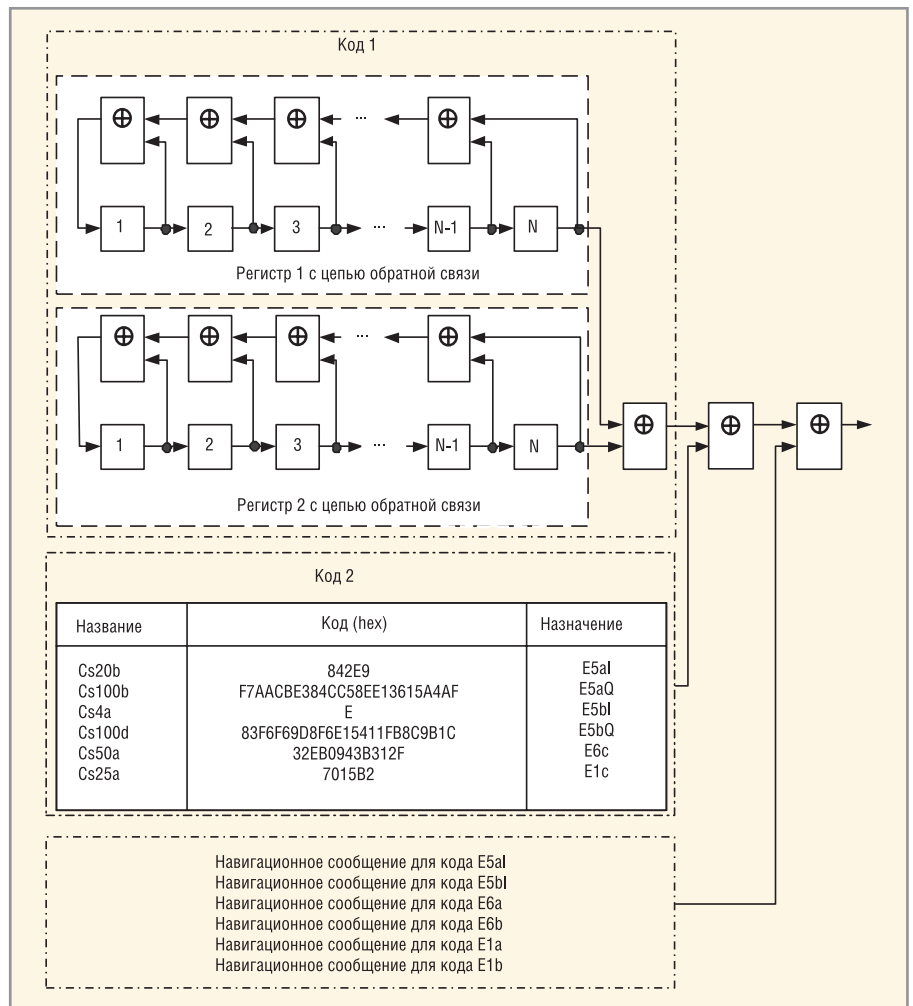


Схема формирования кодов системы Галилео

Номера ячеек регистров сдвига, которые используются в цепи обратной связи формирования каждого из кодов, а также исходные состояния каждого из регистров приведены в таблице 1. При формировании первых кодов используются следующие тактовые частоты: для кодов E5 – 10,23 МГц, для кодов E6 – 5,115 МГц, для кода E1a – 2,5575 МГц, для кодов E1b, E1c – 1,023 МГц. Сформированные таким образом коды имеют следующие длину и период: коды E5 – длина 10 230 элементов, период 1 мс; код E6a – длина 51 150 элементов, период 10 мс; код E6b – длина 5115 элементов, период 1 мс; код E6c – длина 10 230 элементов, период 2 мс; код E1a – длина 25 575 элементов, период 10 мс; код E1b – длина 4092 элемента, период 4 мс; код E1c – длина 8184 элемента, период 8 мс.

Тактовая частота формирования второго кода выбрана таким образом, чтобы длительность его элемента соответствовала длине периода первого кода. Код E5aI суммируется с кодом, названным CS20b, E5aQ – с кодом

CS100b, E5bI – с кодом CS4a, E5bQ – с кодом CS100d, E6c – с кодом CS50a, E1c – с кодом CS25a. У всех дополнительных кодов первым передается старший разряд, расположенный слева. Код CS20b в шестнадцатеричном формате имеет вид 842E9, код CS100b – F7AACBE384CC58EE13615A4AF, код CS4a – E, код CS100d – 83F6F69D8F6E15411FB8C9B1C, код CS50a – 32EB0943B312F, код CS25a – 7015B2.

Коды E5aI, E5bI, E6a, E6b, E1a и E1b дополнительно модулируются навигационными сообщениями системы.

В результате использования указанных способов формирования сигналов спектр сигналов системы Галилео займёт следующие полосы частот (по первым нулям спектра сигнала): сигнал E5a – от 1166,22 до 1186,68 МГц; сигнал E5b – от 1196,91 до 1217,37 МГц; сигнал E6a – от 1263,405 до 1273,635 МГц и от 1283,865 до 1294,095 МГц; сигналы E6b, c – от 1273,635 до 1283,865 МГц; сигнал E1a – от 1557,5175 до 1562,6325 МГц и от 1588,2075 до

1593,3225 МГц; сигналы E1b, с – от 1573,374 до 1575,420 МГц и от 1575,420 до 1577,466 МГц.

За время, которое спутник GIOVE-A провёл на орбите, консорциумом были проведены исследования характеристик выбранных сигналов системы. В частности, авторы работы [4], используя для приёма сигналов экспериментальный приёмник системы Галилео, сделали выводы, что передаваемые спутником сигналы позволяют получать более точные навигационные данные по сравнению с сигналом C/A-кода системы GPS. При этом наилуч-

шими характеристиками, по мнению авторов, обладают сигналы диапазона E5, а наихудшими – сигналы E1b, с. Кроме того, сигналы E5, E1a и E6a наиболее устойчивы к помехам, возникающим из-за многолучевого приёма.

Запуск первого (испытательного) ИСЗ системы, исследования свойств сигналов и схемотехнических решений приёмников системы показывают, что система Галилео постепенно становится реальностью. Поэтому наличие её сигналов необходимо учитывать при проектировании современной навигационной аппаратуры.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Onidi O. Galileo is launched, European Commission.
2. Issler J.-L., Hein G.W., Godet J., Martin J.-C., Erhard Ph., Lucas-Rodriguez R., Pratt T. Galileo Frequency&Signal Design. Galileo's World. 2003. Vol. 6. <http://www.galileos-world.com/galileosworld/article>.
3. GIOVE-A Navigation Signal-In-Space Interface Control Document. [www.giove.esa.int](http://www.giove.esa.int).
4. Hollreiser M., Crisci M., Sleewaegen J.-M., Giraud J., Simsky A., Mertens D., Burger T., Falcone M. Galileo Signal Experimentation. GPS World. May 2007. <http://sidt.gps-world.com/gpssidt/article>. 

**Новости мира News of the World Новости мира**

**Mitsubishi: КПД поликремниевых солнечных ячеек достиг 18,6%**

Японская компания Mitsubishi Electric поставила очередной мировой рекорд эффективности преобразования световой энергии в электрическую в поликремниевой солнечной ячейке. Имея площадь 150 мм<sup>2</sup>, такая ячейка имеет КПД 18,6%, что на 0,6% лучше собственного предыдущего рекорда производителя.

Среди особенностей новой разработки инженеры Mitsubishi отмечают нанесение на поликремниевую пластину структуры, напоминающей по форме пчелиные соты, с низкой отражающей способностью, оптимизацию p-n-перехода с целью увеличения значения генерируемого электрического тока, применение нового технологического процесса для печати электродов на поверхности кремния, что позволило уменьшить потери в управляющих электродах. Также компании удалось разработать способ нанесения «сотовой» структуры на поликремниевую пластину с комбинированием лазерного выжигания и жидкостного травления.

Новая технология для создания солнечных ячеек следующего поколения будет внедрена в массовое производство фотоэлектрических модулей в марте 2011 г.

*EE Times*

**Углерод эффективнее меди для 45-нм микросхем**

Углеродные нанотрубки могут вытеснить медь в качестве материала для межсоединений, – сообщила на днях группа исследователей из Политехнического института Ренсселера (США). Построенная ими компьютерная модель (на суперкомпьютере мощностью 100 терафлоп), учитывающая квантово-механические эффек-

ты, позволила учёным сделать вывод о неспособности медных межсоединений соперничать по производительности с углеродными нанотрубками для микросхем, произведённых с применением норм 45-нм процесса.

Исследователи рекомендовали использование пучков углеродных нанотрубок в качестве межсоединений для микросхем, поскольку они могут обеспечить меньшее сопротивление и, соответственно, меньшее выделение тепла. Этот эффект, по мнению руководителя группы Сароя Наяка (Saroj Nayak), недооценивается многими исследовательскими коллективами, которые не способны построить точные компьютерные модели полупроводниковых схем и оценить преимущества углеродных проводящих структур над металлическими.

К большому сожалению, полученные результаты имеют в данный момент лишь академическую ценность. Главным препятствием для внедрения углеродных нанотрубок в качестве основного материала для процессорных межсоединений представляется отсутствие методик, пригодных для промышленного производства. Кроме того, нет на данный момент и методик точного позиционирования объектов размером в 1...10 нм на поверхности кристалла.

*rpi.edu*

**Оптический коммутатор IBM для применения в процессорах**

В исследовательских лабораториях компании IBM находится очередное устройство из сегмента оптоэлектроники – ещё на стадии экспериментальной разработки, но уже продемонстрировало свою работоспособность. Новый компонент представляет собой миниатюрный оптический коммутатор, который, по мнению его создателей, со временем можно будет

применять в процессорах для обеспечения высокоскоростных каналов обмена данными между ядрами. Согласно утверждениям IBM, применение оптоэлектронных компонентов вместо традиционных полупроводниковых и медных позволит увеличить пропускную способность соединяющих ядра коммуникаций приблизительно в 100 раз и примерно вдесятеро снизить уровень энергопотребления. При этом стоимость решения должна остаться относительно низкой за счёт формирования оптоэлектроники в рамках традиционных технологий производства кремниевых полупроводников.

Разработанный оптический коммутатор может оперировать одновременно с несколькими длинами волн, обеспечивая теоретический максимум пропускной способности на уровне терабайта в секунду при минимальных значениях латентности. Компонент получился достаточно миниатюрным: на площади 1 кв. мм можно разместить около 2000 таких коммутаторов. IBM сообщила также об успешном прохождении термических испытаний, в которых имитировалось высокотемпературное окружение, типичное для «внутренностей» процессора.

Множество компаний, включая IBM, Intel и новичков, вроде Primarion, экспериментируют с кремниевыми лазерами, светодиодами и другими компонентами оптоэлектронных чипов на протяжении уже около восьми лет. Пожалуй, одно из наиболее впечатляющих достижений в данном сегменте – это разработанное IBM устройство, позволяющее «притормозить» свет, что может быть использовано, например, для аппаратной поддержки шифрования данных. В то же время появления всех этих новшеств на рынке придется подождать ещё как минимум несколько лет.

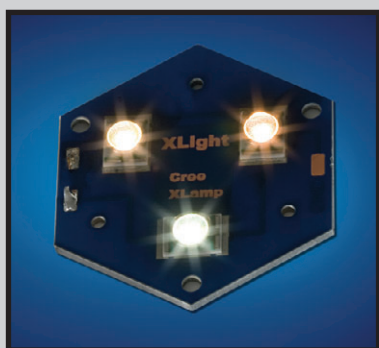
[www.3dnews.ru](http://www.3dnews.ru)



## МОЩНЫЕ СВЕТОДИОДЫ ОСВЕТИТЕЛЬНОГО КЛАССА

### ОСОБЕННОСТИ

### ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ



- Все оттенки белого цвета свечения:
  - ▶ холодный белый от 5000K до 10000 K
  - ▶ естественный белый от 3700K до 5000K
  - ▶ теплый белый от 2600K до 3700K
- Самые высокие значения светового потока:
  - ▶ холодный белый 114 Лм @ 350мА
  - ▶ естественный белый 87,4 Лм @ 350 мА
  - ▶ теплый белый 80,6 Лм @ 350 мА
- Гарантия стабильности цветовых характеристик
- Снижение светового потока не более 30% за 50000 часов
- Соответствие самым высоким стандартам светодиодной индустрии

- Наружное освещение:
  - парковое, уличное освещение, пешеходные переходы
- Переносные прожекторы и фонари
- Системы общего освещения:
  - ЖКХ, автомобильные парковки
- Подсветка витрин, рекламных щитов
- Архитектурная и ландшафтная подсветка
- Автономные системы освещения с питанием от солнечных батарей
- Аварийное освещение

### Преимущества освещения на основе светодиодных ламп Cree:

- >> Высокая световая отдача: более 100 Лм/Вт @ 350мА
- >> Высокое качество света: CRI > 80
- >> Самая высокая надежность в отрасли
- >> Экологическая безопасность: не содержит ртути, свинца, других тяжелых металлов
- >> Энергетическая эффективность
- >> Работоспособность при экстремально низких температурах: до -190°C\*

\*По результатам исследований ФТИ имени А.Ф. Иоффе

**Приглашаем Вас на семинар CREE 28 апреля 2008 года**

**Регистрация на сайте [www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)**

реклама

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР CREE В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ**

**PROSOFT**® АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Телефон: (495) 232-2522 • [info@prochip.ru](mailto:info@prochip.ru) • [www.prochip.ru](http://www.prochip.ru) • [www.cree.ru](http://www.cree.ru)